Aus der konservierenden Abteilung (Leiter: Prof. Dr. Karl Pieper) des zahnärztlichen Institutes der Universität München (Vorstand: Prof. Dr. Kranz).

Die Vitalität des Schmelzes

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

vorgelegt von

Rudolf Hafen

appr. Zahnarzt.

München 1937

Buchdruckerei Richard Mayr

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg.

Referent: Prof. Dr. Karl Pieper.

Tag der mündlichen Prüfung: 18. XII. 1936.

Meinen lieben Eltern
gewidmet!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153309_0151

Den Lebensvorgang kennzeichnet ein fortwährender, zu keiner Zeit unterbrochener Stoffwechsel. Unter Stoffwechsel versteht man einen Umsatz von Kraft. Da ständig Energien ausgegeben werden, ist es notwendig, daß diese in annähernd demselben Ausmaße wieder zufließen, soll der Lebensvorgang nicht aus Kraftmangel zum Stillstand kommen.

Einen Überblick zu geben über die Forschungen, die sich mit der Frage des Stoffwechsels im menschlichen Zahnschmelz befaßten, sei die Aufgabe meiner Ausführungen. Zum Verständnis und zur kritischen Betrachtung dieser Frage gehört vor allem ein sorgfältiges Studium der Histologie.

Die Erforschung der Struktur des Zahnschmelzes gehört zu den schwierigsten Kapiteln der Histologie des Menschen. Haben wir es hier doch mit so feinen Gebilden zu tun, daß selbst unsere besten Objektive nicht im Stande sind, alle Feinheiten aufzulösen, um uns so über die Gestalt und Lagerung der einzelnen Teilchen völligen Aufschluß zu geben.

Dazu kommt noch, daß er das härteste Gebilde des menschlichen Körpers ist und, je nach Alter und Verkalkungsgrad, nur 2—5% organische Substanz besitzt. Seine Härte wird, nach der Mosh'schen Härteskala, mit der des Apatits verglichen. Sie nimmt von der Schmelz-Dentingrenze nach der Peripherie hin zu.

Die anorganische Substanz besteht aus 90% phosphorsaurem Kalk, 4% Calciumcarbonat, 1,5% Magnesiumphosphat, ferner Fluorcalzium und Spuren anderer Salze. Die organische Substanz, die nach Gies die Biuretreaktion gibt, besteht nach Benjamino de Vecchis aus 3,39% Knorpel und 0,2% Fett. Auch Akamatsu konnte mit Sudanfärbung Fett als diffuse Verfettung der Schmelzoberfläche oder auch in Form umschriebener, von der Schmelzoberfläche ausgehender Herde, die bis zur Dentingrenze reichen konnten, nachweisen. Besonders deutlich waren die Präparate von Rachitikern und Jugendlichen.

Die physiologische Funktion des Schmelzes ist eine mechanische. Zu untersuchen, ob sich auch Stoffwechselvorgänge abspielen können, sei ja die Aufgabe meiner Zeilen.

Der Schmelz wird von den Ameloblasten gebildet und ist nicht wie französische Forscher annehmen, ein durch mechanische Beanspruchung besonders gehärtetes Dentin. Die Ameloblasten sind lang ausgezogene, zylindrische Zellen. Der langovale Kern liegt bei Längsschnittbildern an dem peripheren Teil der langgestreckten Zelle. Zwischen den Zellen liegt eine deutlich erkennbare Interzellularsubstanz, die von

Interzellularbrücken durchzogen ist. Die Interzellularsubstanz ist sowohl nach dem Stratum intermedium als auch nach dem Dentin zu durch ein Schlußleistennetz abgeschlossen. Die Bildung des Schmelzes beginnt erst, wenn schon eine ganz dünne, bis dahin allerdings noch unverkalkte Dentinschicht vorhanden ist. Aus dem zentralen, nach dem Dentin zugekehrten Ende der Ameloblasten wachsen die Tomeschen Fortsätze der Ameloblasten hervor. Das sind kurze, dicke, pinselartige Fortsätze, die die gleiche Breite wie die Ameloblasten einnehmen. Zwischen diesen finden wir eine Zwischensubstanz, die der Interzellularsubstanz zwischen den Ameloblasten gleicht. Auf Grund der Untersuchungen von Schnitten durch Zahnkeime kann man annehmen, daß die Tomeschen Fortsätze das Grundgerüst der Schmelzprismen abgeben und daß aus der Substanz zwischen den Tomeschen Fortsätzen sich die interprismatische Substanz des Schmelzes bildet.

Die Schmelzprismen sind lange, faserartige Gebilde, die sich in gewundenem Verlauf radiär von der Schmelzdentingrenze bis zur Schmelzoberfläche erstrecken. Im Querschnitt sieht man exakt sechseckige aber auch fünfeckige. Die eckige Form ist durch die parallele Anordnung der Prismen bedingt. Je nachdem fünf oder sechs Prismen um eines lagern, entstehen durch den Druck ebensoviel Seitenwände. Oft ist aber soviel Raum vorhanden, daß die Kanten stark abgerundet sind, so daß man statt von Prismen von Zylindern sprechen müßte. Die Prismen sind die Hauptträger des Kalkes; wenn in ihnen überhaupt organische Substanz vorhanden ist, so kann es sich nur um feinste Spuren handeln. So sehen wir im Querschliff eine Schwammstruktur, das ist eine Körnelung der Prismen, der im Längsschliff zarte Längsfasern entsprechen. Sie werden als die Überreste der Tomeschen Fortsätze der Ameloblasten angesehen. Ferner sieht man im Längsschliff eine Querstreifung der Prismen, die man an den Stellen, an denen sie schlecht hervortritt, durch Anätzen mit Säuren sichtbar machen kann. Die Querstreifen sind offenbar etwas schwächer verkalkt als die hellen Zwischenfelder. Es ist die Vermutung geäußert worden, die Querstreifung könnte einer Ruhepause in der Verkalkung entsprechen, die mit einem Ruhezustand des Organismus, also mit dem Schlafe zusammenfiele. Es entsprechen nämlich jedem Prisma etwa so viel Querstreifen, wie Tage zu seiner Entwicklung nötig sind.

Die mehr organische Substanz enthaltende interprismatische Substanz (das ist die Substanz zwischen den Prismen) hält v. Ebner für Kittsubstanz. Nach Bödecker handelt es sich um eine Scheide um die Prismen. Nach Walkhoff gibt es überhaupt keine interprismatische Substanz. Das, was wir als interprismatische Substanz bezeichnen, gehöre zu den Prismen selbst und die Prismen lägen, ohne jede Zwischensubstanz, getrennt nebeneinander. Nach Walkhoff hat das Prisma einen harten Zentralteil und einen weicheren Kortikalteil. Der Kortikalteil entspricht dem, was wir unter interprismatischer Substanz verstehen.

Als Grund für diese Behauptung führt Walkhoff die von ihm gefundene „Trennungslinie", die in der interprismatischen Substanz verläuft, an. W. Meyer konnte aber zeigen, daß diese Linien verschwinden, wenn man mit diffusem Licht die Mikrophotogramme herstellt. Die sogenannten Trennungslinien sind Interferenz und Beugungslinien, die bei stark gerichtetem Licht auch in den Prismen selbst entstehen können. Die interprismatische Substanz zeigt, ebenso wie das Prisma, schwammige oder gekörnte Struktur.

Ferner sieht man durch die interprismatische Substanz hindurch, von einem Prisma zum anderen, feine Fäden hinüberziehen. Analog den Interzellularbrücken, von denen sie auch stammen, werden sie als Intercolummnarbrücken bezeichnet.

Marcus will gesehen haben, daß ein Faden durch das Prisma und ein zweiter rings um das Prisma verläuft. Den ersten nennt er Zentralfaden, den letzteren Spiralfaden. (Ich glaube, daß der Zentralfaden mit den Überresten der Tomeschen Fortsätze der Ameloblasten, der Spiralfaden vielleicht mit den Intercolummnarbrücken identisch ist.)

Parallel mit den Prismen verlaufen die Schmelzlamellen. Sie können von der Kutikula bis in das Dentin hineinreichen. Ihre organische Substanz hängt sowohl mit dem Dentin wie auch mit der Kutikula zusammen. Die Lamellen bestehen nach W. Meyer aus minderverkalkter interprismatischer Substanz. Sie ziehen oft über die ganze Krone hinweg und teilen so den Schmelz gewissermaßen in einzelne Segmente. Schon 1850 vermutete Linderer, daß die Schmelzlamellen organische Substanz enthalten. Er glaubte, daß man es mit vernarbten Schmelzsprüngen zu tun habe. Walkhoff hielt sie für mangelhaft verkalkte Prismen, Fleischmann für unverkalkte Kittsubstanz, Gräf für Sprünge. Nach Gottlieb entstehen sie aus dem äußeren Schmelzepithel und verhornen ähnlich wie das Schmelzoberhäutchen. Nach Orban gibt es zwei morphologisch verschiedene Arten von Schmelzlamellen: „Die einen bestehen aus mangelhaft verkalktem Schmelz (I.P.S. + Prismen), die anderen aus Gewebe, das aus der Umgebung des Zahnes in Sprünge hineinwuchert. Die Entstehung der Lamellen ist darauf zurückzuführen, daß während der Verkalkung des schon fertiggebildeten Schmelzes Zerrungen im Gewebe entstehen. Entlang einer solchen Zerrungslinie bleibt die Verkalkung des Schmelzes zurück. Die mechanischen Momente, die in einem Falle zur Zerrung führen, können durch Steigerung der Ursachen eine Sprungbildung bewirken. In diesem Spalt wuchert dann das umliegende Gewebe hinein und bildet so die Lamelle. Die Lamellen (beide Arten) entstehen, nachdem der Schmelz fertig gebildet, seine Erhärtung aber noch nicht vollendet ist, vor dem Loslösen des Epithelansatzes vom Schmelz. Die Lamellen, die durch Sprünge entstehen, können bis in das Dentin reichen und besitzen dann einen Dentinanteil, der mit dem übrigen Teil der Lamelle in organischer Verbindung steht."

Ähnliche Gebilde sind die von Linderer entdeckten Büscheln. Sie erstrecken sich von der Schmelz-Dentingrenze her nicht sehr weit in den Schmelz, indem sich der einzelne Strang aufteilt. Niemals jedoch findet ein Büschel seine Fortsetzung im Dentin. Nach Weidenreich sind sie, wie auch die Lamellen, Dentinfaserbündel. v. Ebner und W. Meyer halten sie für ganze Blätter minderverkalkter interprismatischer Substanz. Nach B. Orban ist die Form der Schmelzbüschel eine optische Erscheinung. Es handelt sich hier um die Projektion von mangelhaft verkalkten Schmelzteilen verschiedener Ebenen in eine einzige.

Die Tomeschen Fortsätze der Odontoblasten können als sogenannte kolbenförmige Fortsätze in den Schmelz eindringen. Sie sind am häufigsten an den Stellen zu finden, wo der Schmelzmantel sehr stark ist, also an den Höckerspitzen. Sie veranlaßten Walkhoff zu der Annahme, daß der Schmelz einen Teil des vor ihm gebildeten Dentins resorbiert. Auch Kantorowicz ist derselben Ansicht. Nach ihm ist die Schmelz-Dentingrenze nicht glatt, sondern gefurcht, was wohl durch Resorption der ersten Dentinlagen erklärt wird. B. Orban dagegen behauptet: „Die festonierte Beschaffenheit der Dentinoberfläche ist schon vor Bildung des Dentins zwischen den Schmelzstellen und den Odontoblasten vorhanden".

Bei mittelstarker Vergrößerung kann man im Längsschliff des Schmelzes zwei Arten von Streifen beobachten.

Die ersteren ziehen radiär von der Dentinoberfläche zur Schmelzoberfläche. Es wechseln dunkle (Diazonien) mit dazwischenliegenden helleren Partien (Parazonien) ab. Nach ihrem Entdecker werden sie Schreger'sche Streifen genannt. Sie sind eine optische Erscheinung und haben für unsere Betrachtungen keine Bedeutung. Sie entstehen dadurch, daß das Licht von den Schmelzprismen in der Längsrichtung durchgelassen, in der Querrichtung aber absorbiert wird.

Senkrecht zu den Schreger'schen Streifen verlaufen die Retziusstreifen. Sie sind aber weder mit der Dentin- noch mit der Schmelzoberfläche vollständig parallel. Der größte Teil muß in die freie Oberfläche des Schmelzes einmünden. Wo nun ein Retziusstreifen in die freie Schmelzoberfläche einmündet, entsteht eine kleine Mulde. Diese Mulden, die zirkulär um den Zahn verlaufen, kennen wir von der makroskopischen Anatomie her als die Perikymatien des Schmelzes. Die Retziusstreifen sind Zonen, in denen die Querstreifen in den Prismen und die Intercolummnarbrücken in der interprismatischen Substanz stärker hervortreten. Sie sind Zonen geringerer Verkalkung.

Wenn oben der Gedanke ausgesprochen wurde, daß die Querstreifen mit einer Ruhepause des Organismus zusammenhängen, so möchte ich hier diesen Gedanken fortsetzen. Wäre es dann nicht möglich, daß die Retziusstreifen als Ausdruck einer viel längeren Ruhepause wie es der nächtliche Schlaf ist, aufzufassen sind? Ich möchte sie mit einem

achtundzwanzig- oder dreiundzwanzigtägigen Rhythmus, wie er heute auch für den männlichen Organismus angenommen wird, vergleichen.

Außen liegt der Schmelzoberfläche das Schmelzoberhäutchen auf. Nach Ansicht der meisten Autoren wird es von den Ameloblasten gebildet. Nur Gottlieb und B. Orban trennen in ein primäres und sekundäres Schmelzoberhäutchen. Orban schreibt: „Das primäre Schmelzoberhäutchen ist das letzte Produkt der Schmelzzellen, ein kutikularer Saum der Ameloblasten. Es kann verkalken und sich vom darunterliegenden Schmelz wenig unterscheiden. Bei der Entkalkung kann es ebenso wie der Schmelz zugrunde gehen, so daß man sich von dessen Existenz nicht überzeugen kann. Es gehört zu den größten Raritäten, es am durchgebrochenen Zahn zu finden. Das sekundäre Schmelzoberhäutchen bzw. Cuticula dentis ist eine Hornsubstanz. Es stellt ein Umwandlungsprodukt des äußeren Schmelzepithels dar und ist als regelmäßiger Befund zu beobachten.“ Meyer will dieses sekundäre Schmelzoberhäutchen nur bei entzündetem Zahnfleischsaum gefunden haben. Es gehört in den Bereich der Pathologie. Das Schmelzoberhäutchen ist mit den Schmelzlamellen verwachsen. Es ist verhornt und bildet einen Schutz gegen Säuren und Alkalien.

Zwischen Schmelz und Dentin befindet sich die sog. Membrana limitans. Diese Membran ist nach Meyer der interprismatischen Substanz verwandt, die interprismatische Substanz zeigt jedenfalls zu dem Übergang in diese Membran das gleiche Aussehen wie die Membran selbst.

Bei dem histologischen Studium des menschlichen Zahnschmelzes drängt sich einem der Gedanke auf, daß das anfangs angegebene Verhältnis von nur 3% organischer Substanz ein wenig zu niedrig gegriffen sei. Dieser Einwand scheint auf den ersten Blick auch seine Berechtigung zu haben. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß die anorganische Substanz ein bedeutend höheres spezifisches Gewicht hat als die organische. Dadurch verschiebt sich das räumliche Verhältnis, und auf dieses kommt es an, automatisch zu Gunsten der organischen Substanz.

Ob diese organischen Substanzen nur ein „Überbleibsel“ aus der Zeit der Schmelzbildung oder gar, wie Walkhoff lehrt, Stellen mangelhafter Verkalkung sind, oder ob noch Verbindungen zwischen der Dentinoberfläche und dem Schmelz oder zwischen der Schmelzoberfläche und mit dem Speichel bestehen, ist eine viel besprochene Frage. Sie hat für das Kariesproblem die größe Bedeutung. Würde doch ihre Klärung uns darüber Aufschluß geben, ob wir die Resistenz des Gebisses gegen die Zahnfäule, die verbreitetste Krankheit in jedem Kulturvolke, durch Medikamente beeinflussen können. Um einen möglichst klaren Begriff von den Verhältnissen im menschlichen Zahnschmelz zu geben, will ich die Forschungen und Versuche der Autoren, die sich mit diesem Problem näher befaßten, besprechen.

Nach Walkhoff, der jede organische Substanz im Schmelz für mangelhaft verkalkt hält, wird die organische Substanz bei der Verkalkung nicht verdrängt, sondern sie bleibt überall gleichmäßig vorhanden. Die weniger verkalkten Partien entstehen nicht durch den größeren Anteil an organischer Masse, sondern durch mangelhafte Verkalkung. Der Aufbau der harten Zahngewebe besteht nicht darin, daß durch die später zu transportierenden Kalksalze eine Verdrängung oder ein Ersatz der ursprünglichen organischen Substanz stattfinden soll, sondern die organische Substanz bildet das Skelett zur Formgebung und wird dafür ohne Abbau oder Formveränderung im Bau verwendet. Die Güte des Baues hängt nicht von der größeren oder kleineren Masse des ursprünglichen organischen Gerüstes ab, sondern von der fugenlosen Einfügung des anorganischen Füllmaterials.

In den mangelhaft verkalkten Partien, die Walkhoff als innere Hypoplasien bezeichnet, sieht er die geringe Kariesresistenz der an Degenerationserscheinungen leidenden Menschheit. „Die einfachen Zahnformen der Reptilien und Fische früherer Erdperioden und ihrer kaum vorhandenen Kittsubstanz zwischen den Schmelzprismen konnten sich deshalb bis auf unsere Zeit wohl erhalten, während die Zähne der höher organisierten Tiere, mit ihren dann auftretenden Bildungsfehlern, bloß aus der Diluvialzeit oder dem Tertiär nur unter ganz besonders günstigen Verhältnissen erhalten blieben."

Dagegen kann man die Frage stellen: Haben die einfachen Zahnformen der Reptilien und Fische früherer Erdperioden, nach dem Tode ihrer Träger, in der Erde nicht noch günstigere Verhältnisse vorgefunden? Solche Vergleiche darf man nicht ziehen. Es sind uns auch gerade aus den ältesten Erdperioden Pflanzen in Form von Versteinerungen erhalten. Freilich ist es richtig, daß Zähne mit pathologischen Verkalkungsstörungen sowohl in mechanischer wie auch in chemisch-parasitärer Beziehung weniger widerstandsfähig sind. Aber man kann sich hier ruhig dem Einwand Fabers anschließen, daß ein starrer, spröder Kalkmantel auch nicht günstig wäre. Es kommt eben auf das für jeden Zweck günstigste Verhältnis an, ähnlich wie man es bei der Herstellung einer Metallegierung oder beim Anrühren eines Zementes beobachten muß.

Weiter hält dem Faber entgegen: „Die organischen Strukturen sind in jedem Schmelz zu finden, und zwar regelmäßig. Dann hängen z. B. die Querstreifen (Retzius) nicht nur mit ärmerer Verkalkung, sondern auch mit kompakterer Beschaffenheit der organischen Substanz zusammen. Wäre das nicht der Fall, so könnte man sie bei vollständiger Entkalkung nicht mehr beobachten. Wären die Büschel und Lamellen Stellen mangelhafter Verkalkung, so müßten sie bei pathologischen Verkalkungsvorgängen überaus häufig und ausgedehnt sein. Beim Kulturmenschen besteht durch degenerative Einflüsse ein stärkeres

Restieren der organischen Substanzen. Das ist aber kein Bildungsfehler, sondern nur ein geringerer Verkalkungsgrad."

Diese Ansicht läßt sich auch mit den Untersuchungsergebnissen von Proell und Diener, die den Schmelz im polarisierten Licht untersuchten, in Einklang bringen. „Gesunde Zähne von Mensch und Tier zeigen im großen und ganzen eine sehr gleichmäßige Polarisation, d. h. die Kristallite liegen geordnet und parallel zueinander, während bei Zähnen kranker Individuen die Mineralisation mehr oder weniger gestört ist".

Wichtig ist es nun festzustellen, ob es überhaupt Bahnen in Schmelz gibt, auf denen ein Flüssigkeitsaustausch stattfinden kann. Sie sind die Grundbedingung für die Möglichkeit einer vitalen Beeinflussung des Schmelzes bezw. eines alle Zahngewebe umfassenden Stoffwechsels. Lamellen und Büschel, kolbenförmige Fortsätze, die interprismatische Substanz und die Retziusstreifen lassen zwar keine feinere Differenzierung wie Kapillaren erkennen, könnten aber als Plasmamasse doch Säfte aufnehmen und weiterleiten.

Adrion und Bauchwitz stellten Versuche zur Untersuchung von Diffusionsvorgängen in den harten Zahnsubstanzen an. Diffusion findet dann statt, wenn die Adhäsion der Flüssigkeiten zueinander, die Kohäsion zwischen den Teilen derselben überwiegt. Wichtig für ein einwandfreies Ergebnis dieser Versuche ist die Unversehrtheit des zu untersuchenden Objektes. Beide Forscher verschafften sich frische Zähne, die unter möglichst geringer Gewaltanwendung aus dem Kiefer entfernt wurden. Die Zähne wurden mit der Lupe auf das Vorhandensein von Schmelzsprüngen untersucht.

In diesem Zusammenhang möchte ich die Arbeit Fabers über Schmelzsprünge erwähnen. Er kommt zu dem Ergebnis: „Sprünge im Schmelz erwiesen sich nach sorgfältiger Entkalkung (Bödecker) als Lamellen, die mit dem Schmelzoberhäutchen und besonders gut mit dem Dentin zusammenhängen. Bedingt durch die Art und Dauer der die Sprungbildung beeinflussenden Momente — Zustand des Schmelzoberhäutchens, Eindringen von Stoffen, Mächtigkeit der Lamellen — finden wir alle möglichen Abstufungen in der Ausprägung der Lamellen als Risse, von den schon ohne weiteres als gelbliche bis schwärzliche Striche auffallenden Sprüngen bis zu den feinen und feinsten, nur mit besonderen Hilfsmitteln wie Trockenlegung, richtige Beleuchtung, Lupenvergrößerung als Sprünge erkennbaren Bildungen. Sprünge an trockenen Zähnen sind meist ausgetrocknete Schmelzlamellen. Daneben gibt es aber auch noch richtige Sprünge, die durch mechanische Einwirkung entstanden sind".

Adrion ließ vom Wurzelkanal eine Salzlösung durch den Zahn hindurchdiffundieren. Der Versuch fiel auch bei Überziehen der ganzen Wurzel mit Wachs positiv aus. Osmotische Erscheinungen konnte er nicht beobachten. Nach ihm wirkt der Zahn (auch Dentin und Ze-

ment) nicht wie eine semipermeable Membran, sondern er verhält sich wie eine Tonzelle, so daß der Flüssigkeitsaustausch auf reiner Kapillarwirkung beruht.

Bauchwitz kommt bei seinen Untersuchungen über die Möglichkeit der Durchdringung des Schmelzes durch unechte Lösungen und Bakterien zu folgendem Ergebnis: „Kristalloide können den Schmelz und das Dentin nicht nur von innen nach außen, sondern auch von außen nach innen durchdringen. Kolloide durchdringen bei 37° Schmelz und Dentin beim Tier- und Menschenzahn". Doch fielen die Versuche mit Kollargol negativ aus, obwohl Ascites und Pferdeserum auch durch den Schmelz hindurchtraten. Bauchwitz erklärt sich das dadurch, daß durch starke Adsorption an die organische Substanz die Wege verstopft worden sind. Er hält es auch für möglich, daß Bakterien den Schmelz durchwandern können. Es wird ihm aber von Kranz vorgeworfen, vom bakteriologischen Standpunkte aus nicht richtig vorgegangen zu sein.

Deutlicher und wegen der bildlichen Mitteilung für den Leser überzeugender sind jene Arbeiten, bei denen versucht wurde, durch Farbstoffe die Bahnen zu kennzeichnen, in denen ein Stoffwechseltransport stattfinden könnte.

Die Einverleibung der Farbstoffe geschah mittels Diffusion, Injektion, Kataphorese und Vitalfärbung.

Arthur Hopewell-Smith konnte Diffusion von Farbstoffen nur bei sauerer Reaktion derselben finden. Das ist der Fall bei Silbernitrat, Goldchlorid, Fuchsin oder bei Eosin-Fuchsin. Die Säuren lösen die Zwischensubstanz des Schmelzes auf, in die hinein dann leicht das betreffende Mittel diffundieren kann. Werden dagegen alkalische Mittel zum Imprägnieren eines Zahnes versucht, so wird man, wenn der Zahn nicht vorher zum Fixieren in eine Säure gelegt werden mußte, nur beim Dentin, niemals aber beim Schmelz einen Erfolg haben.

Dagegen fand Douglas E. Caush, der menschliche Zähne einige Jahre in eine Flasche von 100 ccm Fuchsinfärbung gelegt hatte, folgendes Bild: „Obgleich die Färbung in die Kanäle und in die interprismatische Substanz gedrungen war, zeigte sich keinerlei Säurewirkung gegenüber den Schmelzprismen, die frei von Färbung blieben. Die mikroskopischen Untersuchungen zeigten deutlich, mit welcher Leichtigkeit die Flüssigkeit von der Pulpakammer in den Schmelz übergehen kann." Er nimmt wohl mit Recht an, daß der saure Farbstoff auch die Schmelzprismen, die ja nur etwas stärker verkalkt wären, angreifen müßte, wenn das Eindringen des Farbstoffes nicht auf Bahnen, sondern nur durch Säurewirkung möglich wäre.

Pickerill schloß die Krone eines Prämolaren in Wachs ein, schnitt die Wurzel ab, so daß die Pulpakammer freilag und legte das Ganze in einer Silbernitratlösung. Das Dentin zeigte sich als gefärbt, der Schmelz blieb ungefärbt.

H. Türkheim fand, daß 10% ige Argentum nitricum Lösung den Schmelz stellenweise von der Oberfläche, nie vom Dentin her färbt. Bei intensiver Färbung einer Schmelzpartie bis zur Dentingrenze wird das Dentin eine Strecke mitgefärbt. Bei der Färbung in zentrifugaler Richtung konnte er nur mit Diamantfuchsin einen Erfolg verzeichnen. Er kommt zu dem Ergebnis: „Es gelingt keine durchgängige Schmelzfärbung, mit Ausnahme der ammoniakalischen Silberlösung. In fast allen Fällen dringt die Farblösung von der Oberfläche meist eine kürzere Strecke in den Schmelz ein, nur beim Diamantfuchsin wurde eine Anfärbung des Schmelzes vom Dentin beobachtet."

Diese Feststellung deckt sich nahezu mit der Mitteilung von Kantorowicz, der bei seinen Färbungen mit Diamantfuchsin den Farbstoff in die kolbenförmigen Fortsätze im Schmelz eindringen sah. Diese sowohl wie die Retziusstreifen sind reich an organischer Substanz."

Ähnliche Resultate erzielte auch K. Dierks. Seine Färbeversuche mit Diamantfuchsin, 10% iger Silbernitratlösung und Methylenblau verliefen meist negativ. Doch fanden sich in seinen Präparaten auch einige Stellen, an denen die Farblösung vom Dentin in den Schmelz drang und auch umgekehrt der Schmelz von außen bis zum Dentin gefärbt wurde. Sein Ergebnis deckt sich mit dem Türkheims: „Eine durchgängige Färbung des Schmelzes, und zwar mehr von der Oberfläche als auch vom Dentin aus und durchaus nicht in allen Fällen gleichmäßig, läßt sich nur mit ammoniakalischer Silberlösung herbeiführen. Eine Färbung des Schmelzes in zentrifugaler Richtung vom Dentin aus ist nur vereinzelt und für kleinere Abschnitte möglich. Es gelingt auf diese Weise nicht, eine systematische Verbindung zwischen Dentin und Schmelz nachzuweisen, wodurch auch hier wiederum die Pickerillschen Beobachtungen bestätigt werden. „Es besteht demnach zwischen Schmelz und Dentin keine Kommunikation, durch die Flüssigkeiten, die Salze im gelösten Zustande enthalten, aus letzteren in ersteren gelangen könnten. Der zuerst gebildete Teil des Schmelzes ist undurchlässig, während der zuletzt gebildete solche Flüssigkeiten durchtreten läßt.

Sehr umfangreiche Versuche machte E. H. Urbantschitsch. Er fand, daß Silbernitrat besonders an den Höckerspitzen durch die kolbenförmigen Fortsätze in den Schmelz eintreten kann. Das Silber schlägt sich in Kugelform im Dentin nieder. Auch zentripetale Färbung gelang ihm: „Der ganze Zahnschliff, sowohl Krone als auch Zement ist von einem dunkelschwarzen gleichbreiten Saum umgeben, welcher vollkommen strukturlos erscheint. Unter diesem Saum weist der Schmelz eine hellere bräunlichgelbe Verfärbung auf, welche ungefähr das periphere Drittel, an manchen Stellen sogar die Hälfte der Schmelzbreite einnimmt. An einer Stelle reicht diese Verfärbung sogar bis zum Dentin. Die einzelnen Schmelzprismen heben sich in dieser Partie scharf voneinander ab, da der interprismatische Raum eine dunklere

Färbung zeigt. Wo Sprünge im Schmelz sind, ist begreiflicherweise das Silbernitrat bis in das Dentin vorgedrungen und erfüllt die Dentinkanälchen. Aber auch dort, wo keine Sprünge sind, kann man deutlich Beobachtungen machen, daß die Silbernitratlösung das Bestreben zeigt, entlang den Schmelzprismen vorzudringen und an einzelnen Stellen ist an der Schmelzdentingrenze ein Übertreten der Lösung von den interprismatischen Zwischenschichten in das jeweilig dort mündende Dentinkanälchen zu konstatieren. Die Schmelzdentingrenze hebt sich durch stärkere Braunfärbung deutlich ab. Bei dem Zelloidinpräparat zeigen sich die Verbindungen der stark imprägnierten interprismatischen Substanz mit den Dentinkanälchen." Bei seinen Tuschepräparaten ist es Urbantschitsch nicht einwandfrei gelungen, festzustellen, ob durch Fortsetzung der Dentinkanälchen in den Schmelz, bzw. deren kolbenförmigen Endigungen Tuschekörnchen in die organische Substanz des Schmelzes gelangen können.

Zur Prüfung der Schmelzdurchlässigkeit sowie der hierfür in Betracht kommenden Wege hat auch Faber Untersuchungen angestellt. Nachdem bei vollkommen intakt erscheinenden Zähnen die Wurzel abgeschnitten und der Pulparaum etwas erweitert worden, umgab er bei einem Teil derselben die Krone mit einem Paraffinmantel, so daß die Flüssigkeit nur vom Dentin eindringen konnte. Eine andere Serie paraffinierte er nur innen und am Zahnhals, um der Flüssigkeit nur von außen Zutritt zu geben. Färbemittel war Diamantfuchsin, worin die Stücke einige Monate gelegt wurden. Dann fertigte er Schliffe an: „Eine totale Schmelzfärbung oder eine Färbung auf weite Strecken wurde nicht erhalten, nur immer auf gewisse kleinere Partien hin. Der weitaus größte Teil des Schmelzes erwies sich hierbei als farblos. Besonders in die Büschel und Lamellen drang der Farbstoff ein. Die Lamellen pflegen die Lösung besonders intensiv aufzunehmen und weiterzuleiten und stellen auch vornehmlich den Weg dar, auf denen diese durch den ganzen Schmelz geleitet wird. So bemerkte ich im Gegensatz zu Türkheim und Kantorowicz auch häufig eine durchgängige Schmelzfärbung, d. h. eine Farbtransport durch die ganze Schmelzdicke, sei es, daß die Flüssigkeit von außen oder von innen zur Einwirkung gekommen ist. Bei der Imprägnierung der Lamellen und Büschel war die Farbe oft nicht nur in diese, sondern auch in angrenzende Schmelzpartien gedrungen. Von sonstigen organischen Strukturen waren manchmal die Retziusstreifen gefärbt. Auch sah ich an Stellen, welche eine weitgehende Färbung aufwiesen, die mit den Prismen verlaufenden schmalen Zonen organischen Gewebes rot dargestellt."

E. Applebaum konnte an Mikrophotographien zeigen, wie einige Stoffe der Amalgamfüllungen durch die Kanälchen in das Dentin eindringen und ebenfalls durch organische Scheiden der Schmelzprismen in den Schmelz gelangen.

Benjamino de Vecchis fand, daß eine in den Pulpakanal eingebrachte färbende Flüssigkeit bei Ausübung eines Druckes in die Schmelzzwischenräume diffundiert und dort nachgewiesen werden kann. Je jünger ein Individuum ist, desto leichter gelingt dieses Experiment.

E. Smerker behandelte menschliche Zähne mit salpetersauerem Silber, Diamantfuchsin und Anilinblau. Er fand, daß die Zahl der in Schmelz eindringenden Dentinkanälchen an den Schneiden und Höckern am größten ist. Sie nimmt gegen die Schmelzzementgrenze ab. Dasselbe gilt auch bezüglich der Länge des Weges, den sie im Schmelz zurücklegen. Löst sich aber, wie es oft der Fall ist, ein Kanälchen knapp vor der Grenze in mehrere gleichstarke Zweige auf, so dringen auch alle diese in den Schmelz ein. Die Kanälchen verlaufen oft in schiefer Richtung zu den Prismen, diese kreuzend, was besonders bei den kolbenförmig modifizierten Kanälchen auffällt. Die Kanälchen halten nicht immer die Richtung ein, die sie im Dentin hatten, sondern biegen oft unter einem Winkel davon ab. An manchen Stellen sah er, daß sich die Imprägnation des Silbers vom Endpunkte des Kanälchens in der Längsrichtung des Prismas nach vor- und nach rückwärts eine Strecke weit fortsetzt. Später injizierte Smerker mittels einer Fahrradpumpe Tusche in die Zahnbeinkanälchen. Auch hier fand er obiges Ergebnis bestätigt und konnte feststellen, daß dieses Verhalten der Schmelzkanälchen auch bei Zähnen älterer Individuen bestehen bleibt. Er schreibt selbst: „Gegen die Auffassung Walkhoffs, daß das Dentin vom Schmelz resorbiert wird, spricht, daß die Kanälchen im Schmelz sich wesentlich anders verhalten, als an der Oberfläche des Dentins. Sie sind dort fast nie verzweigt, sie haben auf ihrem Weg durch völlig verkalktes Gewebe einen kurzwelligen, ganz eigentümlichen, oft mehrfach abgeknickten Verlauf, der so charakteristisch ist, daß man an ihm allein das Schmelzkanälchen erkennen kann, selbst wenn die Grenze zwischen Dentin und Schmelz im Präparat unsichtbar ist. Die Kanälchen dürften später in den Schmelz eingedrungen sein. Gegen Resorption spricht vor allem die manchmal riesige Länge dieser Fortsätze, an ebenen Grenzflächen zwischen Dentin und Schmelz." Bei der Tuschinjektion fand er Schmelzbüschel und sogar Schmelzprismen wunderbar injiziert. Er gibt zu, daß bei manchen Präparaten, bei denen die Dentinkanälchen sehr schön injiziert waren, die Injektion des Schmelzes mißlang. Andererseits fanden sich aber auch Stellen, wo ein Kanälchen an ein Prisma herantritt und dieses Prisma ganz allein auf eine sehr weite Strecke tingierte. Bei einem Präparat von einem neunzehnjährigen Individuum gelang es ihm, die Prismen in einen großen Bereich des Schmelzes fast bis zu ihrem äußeren Ende zu injizieren. Bei Zähnen mit abgestorbener Pulpa hatte er wenig Erfolge. Es ist ihm auch nicht gelungen, von den Dentinkanälchen aus das die Wurzel umgebende Zement zu injizieren.

Ähnlich waren die Resultate, die Urbantschitsch und Türkheim er-

zielten, als sie versuchten, mittels Kataphorese eine Verfärbung des Schmelzes zu erreichen. Unter Kataphorese versteht man die Überführung elektrisch geladener Teilchen in Suspension oder Lösung unter dem Einfluß eines elektrischen Spannungsgefälles zu dem der Teilchenladung entgegengesetzten Pol. Als Farbstoff eignete sich am besten Safranin. Türkheim gelang die Kataphorese nur zentripetal. Beide von ihm behandelten Zähne zeigten unregelmäßige Färbung. Wo der Schmelz als Kathode diente, war von der Oberfläche her der Farbstoff bis etwa zu einem Drittel der ganzen Schmelzdicke eingedrungen, bei der Dentinkathode war der Schmelz an der Schmelzdentingrenze stellenweise angefärbt.

Urbantschitsch hatte dagegen nur in zentrifugaler Richtung Erfolg. An der Schmelz-Dentingrenze zeigt der Farbstoff stellenweise das Bestreben, sich weiter zu verbreiten. Bei starker Vergrößerung erkennt man dort eine diffuse Verteilung des Farbstoffes in das Dentin. An zahlreichen Stellen des Präparates kann man das Übertreten des Farbstoffes in den Schmelz einwandfrei feststellen. Der Schmelz ist nicht regelmäßig, sondern partienweise rot gefärbt, und zwar entspricht jeder an der Schmelz-Dentingrenze stärker gefärbten Dentinpartie ein stärker gefärbter Schmelzabschnitt. Die Schmelzfärbung reicht weit in den Schmelz hinein. Die Schmelzprismen sind im Bereich der Retziusstreifen oft deutlich rot gefärbt, wobei sich die Kittsubstanz durch dunklere Rotfärbung scharf abhebt; in der Mehrzahl jedoch haben die Schmelzprismen gar keine Farbe angenommen. Bei frisch extrahierten Zähnen sind die Büschel und Lamellen gut gefärbt. An der Anode trat bei längerer Einwirkung der Kataphorese eine Entkalkung ein.

Ganz besondere Bedeutung messe ich aber den Forschungen derjenigen Autoren bei, die untersuchten, inwieweit dem lebenden Organismus einverleibte Stoffe in den Zahnschmelz gelangen können.

Morgenstern injizierte Indigokarmin in die große Halsvene eines Hundes: „Die Dentingrenzkanalsysteme, die Zahnbeinoberfläche, die Lymphkanäle der Wurzelhaut und des Zementes, die Spurstreifen und interprismatischen Kanäle des Schmelzes markierten sich als schwarzblaue Färbung. Außerdem erschienen im Zahnbein die Interglobularräume gefärbt, und sowohl im Schmelz und als auch im Zahnbein traten noch ganz besonders intensiv gefärbte, breite röhrenförmige Bildungen (?) auf, die als starke Lymphstränge zu deuten sind und deren Vorkommen mir bis dahin nur im Zahnbein bekannt war".

Gottlieb erzielte bei Hunden mittels Krappfütterung, dem Elektivfarbstoff für Kalk, oder Injektion des im Krapp wirksamen Alizarins, eine Färbung des Schmelzes.

Auch Türkheim versuchte an Mäusen mittels Krapp eine Färbung des Schmelzes zu erreichen. Leider hatte er keinen Erfolg. Das Dentin war durchgängig rot gefärbt, der Schmelz blieb braungelb. Besonders

deutlich war die Erscheinung an den Molaren; hier schimmerte das rote Dentin durch den glasklaren Schmelz hindurch.

W. Blotevogel injizierte Tieren in der Entwicklungszeit Trypanblau. Er schreibt: „Die vitale Krappfärbung unterscheidet sich also in der Hauptsache dadurch von der Färbung mit Trypanblau, daß das Trypanblau in die Knochengrundsubstanz hinüberdiffundiert, solange noch nicht feste Kalksalze in der Grundsubstanz verankert sind. Der Schmelz zeigt stets die diffuse Blaufärbung, die mit zunehmendem Alter schwächer wird und allmählich verschwindet. Das Dentin zeigt nur eine leichte Blaufärbung der unverkalkten Teile und eine völlige Farblosigkeit der verkalkten Teile. Auch einmal verkalkter Knochen ist mit Trypanblau nicht mehr färbbar."

Dagegen demonstriert Gies 1917 in New York Hunde, die intraperitoneal Trypanblau bekommen hatten. Vollentwickelte Zähne zeigten weißen Schmelz, nicht vollkommen entwickelte, aber schon durchgebrochene hatten den Farbstoff angenommen. In Zähnen, die noch in der Entwicklung waren, hatte sich der Schmelz tiefblau verfärbt und diese Farbe verschwand auch nach dem Durchbruch nicht, sondern die Zähne blieben dauernd blau. Aus den Weichgeweben verschwand die Farbe mit der Zeit. 1928 hatte Gies noch einen dieser Hunde und die Zähne waren unverändert blau.

Urbantschitsch injizierte ausgewachsenen Fledermäusen ebenfalls Trypanblau. Der Schmelz machte im großen und ganzen einen ungefärbten Eindruck, doch fand er bei aufmerksamer Durchsicht der Präparate an einigen Stellen eine ganz zartblaue Färbung. Bessere Erfolge hatte er mit Lithiumkarmin. Die Fledermäuse gingen zwar innerhalb zwei bis drei Tagen zu Grunde. Aber schon nach dieser kurzen Zeit zeigte der Schmelz an einigen Zähnen eine ausgesprochene Verfärbung. Dieselbe ist diffus, ganz zartrosa und umfaßt peripherwärts verblassend die ganze Schmelzbreite. An den Zähnen des Oberkiefers war keine Verfärbung zu finden, sondern nur an den Zähnen des Unterkiefers und da wieder an den zwei letzten Molaren am deutlichsten. Weiter behandelte er vier weiße Mäuse mit Ferrum sacharatum. Maus I wurde am nächsten Tage, Maus II am zweiten, Maus III am dritten Tage und Maus IV erst nach drei Monaten getötet. Nach der Dekapitation wurden die Kiefer herauspräpariert und an ihnen teils in toto, teils am Schliff die Berlinerblaureaktion (Ferrozyankali-Salzsäure) vorgenommen. Maus I: Weichteile stahlblau verfärbt. Im Dentin selbst ist nur selten in den Kanälchen und den manchmal sehr deutlich hervortretenden Seitenästen Blaufärbung nachzuweisen. Nur an der obersten Spitze ist in der Grundsubstanz eine schmale, diffus blau verfärbte Zone sichtbar, welche in unregelmäßiger Breite die Spitze des Dentinkörpers umgibt. Diese Blaufärbung ist diffus und erstreckt sich teils über die ganze Schmelzbreite, teils nur über die Peripheren Partien des Schmelzes, wobei dann die dentinwärtsliegenden

einen zartblau gefärbten Eindruck machen. Nur wenige Stellen des Schmelzes sind von Farbe frei. Bei allen Zähnen ist eine diffuse Blaufärbung vorhanden, deren größte Intensität sich im Schmelz befindet. Maus II und III zeigen im großen und ganzen dieselben Bilder, allerdings mit weniger stark ausgesprochener Blaufärbung. Hingegen war es nicht möglich, bei Maus IV weder makroskopisch noch mikroskopisch nur die Spur einer Verfärbung nachzuweisen. Leider gibt Urbantschitsch nicht an, ob die Tiere von ein und demselben Wurf waren. Nicht nur das gleiche Alter, sondern auch die gleichen Erbanlagen sind für die gleichmäßige Aufnahme und Abgabe des Farbstoffes von Bedeutung, schon bei den Odontoblasten. Weiter stört mich, daß im Gegensatz zur Vitalfärbung mit Lithiumkarmin der dem Dentin aufliegende zentrale Teil des Schmelzes die Farbe weniger angenommen hat als der periphere. Oder soll der Abtransport, d. h. der Stoffwechsel in dem dem Dentin näheren Teil des Schmelzes, so rasch von statten gehen?

Faber wiederholte die Versuche von Urbantschitsch mit Lithiumkarmin. Er hatte ziemlich die gleichen Resultate. Doch färbten sich bei seinen Tieren auch die Zähne des Oberkiefers.

Fish ging bei seinen Vitalfärbungen anders vor als die genannten Autoren. Er trepanierte Zähne von Hunden und brachte Methylenblau in fester Form, nebst einer Spur Flüssigkeit, auf die lebende Pulpa. Büschel, Lamellen und Prismenscheiden waren schon nach 24 Stunden gefärbt. Der Schmelz sah aus wie dunkelblaues Glas. Er schreibt: „Die Lymphe kann entlang den Lymphplexus (Aufzweigung der Dentinkanälchen an der Schmelz-Dentingrenze) ihren Weg bahnen und wurzelwärts zu einer Partie nehmen, wo die Röhrchen noch frei von gefärbter Lymphe sind. In der Zahnkrone zeigt sich, daß nicht die ganze Lymphe ihren Weg entlang dem Plexus nimmt und so zur Pulpa zurückkehrt, sie dringt auch zum Schmelz vor und umspült die organischen Gewebe der Prismenscheiden. Man sieht Röhrchen mit gefärbter Lymphe den Lymphplexus verlassen und quer durch die schmale, dazwischen liegende Zahnbeinzone zum Schmelz vordringen. Wenn diese Röhrchen die Prismen erreichen, bilden sie Erweiterungen, die einige feine Zweige abgeben, von denen jeder die Lymphe zu einem Prisma führt. Die Lymphe, die das Prisma erreicht, verteilt sich entlang seiner Scheide und kann hier durch ihre blaue Färbung in einer Stärke von einigen Mikra verfolgt werden. Die Schmelzoberfläche erscheint homogen und frei von Lymphe."

Der Eintritt von Methylenblau vom Speichel aus in den Schmelz konnte bei einem derartigen Versuch nicht nachgewiesen werden.

Ich habe die verschiedenen Färbeversuche so ausführlich beschrieben, um ein möglichst klares Bild über die Möglichkeit von Bahnen, die für einen Stoffwechseltransport in Frage kommen könnten, zu geben.

Weiter möchte ich darauf aufmerksam machen, daß viele Autoren, die bei dem gleichen Versuch annähernd das gleiche Ergebnis hatten, zu einem ganz entgegengesetzten Schluß kommen. So fanden einige Vitalisten, deren Präparate bei zentraler Färbung an der Schmelzdentingrenze eine stellenweise gerade nicht weit in den Schmelz hineinreichende Verfärbung aufwiesen, Zusammenhänge zwischen den Dentinkanälchen und der organischen Substanz des Schmelzes, während andere Autoren fast das gleiche Ergebnis als ein Anfärben des Schmelzes bezeichnen, welches keinen Aufschluß über eine Kommunikation zwischen Schmelz und Dentin zuläßt.

Daß die Farbstoffe mittels Diffusion oft leichter von außen in den Schmelz eindringen, hat sicherlich darin seinen Grund, daß bei zentrifugaler Färbung der Farbstoff erst den Schmelz erreichen konnte, nachdem er schon durch das Dentin hindurchdiffundiert war. Ich möchte fast behaupten, daß es Faber nur deswegen gelang, mittels Diffusion eine durchgehende Schmelzfärbung zu erzielen, weil er einen Teil des Dentins wegbohrte. Bei solchen Versuchen erfährt zwar die durch das Zahnbein bis an den Schmelz vorgedrungene Lösung durch dessen größere mineralische Dichtigkeit eine Hemmung in der Weiterleitung. Aber trotzdem ist das Angebot bei direkter Einwirkung größer, als wenn sich das Färbemittel erst durch das Dentin hat durcharbeiten müssen.

Weiter halte ich die Feststellung für sehr wichtig, daß die Farbstoffe, die mittels Vitalfärbung einverleibt wurden, viel schneller in den Schmelz gelangen als bei den Diffusionsversuchen. Urbantschitsch legte den Schliff einer noch nicht gespeicherten, mit Chloroform getöteten Fledermaus in eine Lithiumkarminlösung. Nachdem er darin drei Wochen gelegen war, konnte er feststellen, daß Knochen und Pulpen intensiv rot gefärbt waren, wogegen Dentin und Schmelz einen vollständig farblosen Eindruck machten. Sicherlich ein Einwand gegen die Behauptung, es könne sich bei der Vitalschmelzfärbung nur um zentrifugale Diffusionsvorgänge handeln.

Trotzdem ist bei der richtigen Einschätzung dieser Versuche Vorsicht geboten. Nicht jeder Experimentator verfügt über das gleiche technische Geschick. Auch darf man vom Tierversuch nicht einfach auf die Verhältnisse beim Menschen schließen. So bin ich fest überzeugt, daß bei einigen Beuteltieren, bei denen sich die Dentinkanälchen fast durch den ganzen Schmelz fortsetzen, eine Vitalfärbung auch dann zu erreichen wäre, wenn eine solche bei anderen Tieren noch nicht gelungen wäre.

Es ist daher von Interesse, das klinische Verhalten des Schmelzes zu studieren und Veränderungen festzustellen, die auf Stoffwechselvorgänge schließen lassen.

Der Schmelz selbst ist unempfindlich. Er ist höchstens der Durchleiter für gewisse Empfindungen. Schmerzen, die beim Bohren auf-

treten, sind durch Wärmeleitung entstanden, da die Schmelz-Dentingrenze sehr empfindlich ist. Es ist schon aus diesem Grunde möglich, zu behaupten, daß der Schmelz keine Nervenfasern besitzt. Für das Dentin will Münch solche festgestellt haben. Doch ist der Stoffwechsel nicht an das Vorhandensein von Nerven gebunden. Ich möchte hier nur an das frische Narbengewebe erinnern, da sogar zur Zeit seines regsten Stoffwechsels, nämlich seiner Bildung, auch keine Nerven besitzt.

Weiter soll gegen ein Leben im Schmelz sprechen, daß in ihm keine Entzündung Platz greifen kann und daß er nicht die Kraft der Regeneration hat. Ob sich die organische Substanz im Schmelz entzünden kann, ist noch nicht festgestellt worden. Wir sind im allgemeinen zufrieden, wenn wir die organischen Teile, die ja so fein in der großen Masse der anorganischen Bestandteile verteilt sind, sehen können. Zu entscheiden, ob die organischen Bestandteile die Symptome der Entzündung aufweisen, ist kaum möglich. Schließlich wird die Stärke der Reaktion auf die Schädlichkeit, im Vergleiche zum Dentin, mindestens nur dem prozentualen Verhältnis der organischen Massen entsprechen.

Mummery will bei beginnender Karies auch im Schmelz, ähnlich der Transparenzzone im Dentin, sogenannte translucente Zonen gesehen haben. Walkhoff dagegen schreibt schon 1913 in seiner Arbeit über die Erdsalze, daß transparente Zonen im Schmelz, im Gegensatz zum Dentin, durch Kalkentzug entstehen. An der Unmöglichkeit einer Regeneration möchte ich keinen Anstoß nehmen. Kann doch gerade bei den höchst differenzierten Geweben ein Defekt nur durch minderwertiges Narbengewebe ausgefüllt werden, wogegen die motorischen Nerven eine Regeneration überhaupt nicht zulassen.

Aber es wurde festgestellt, daß der Schmelz während des Lebens Veränderungen unterworfen ist. Proell und Schubert haben nun genau wie Burg und Richter festgestellt, daß mit steigendem Alter, ebenso wie bei Alveolarpyorrhoe, die Härte des Schmelzes zunimmt und daß das Geschlecht keinen Einfluß auf die Härte der Zähne hat. Den höchst erreichbaren Wert der Härte zeigt jede Stelle der Oberfläche des unverletzten Zahnes. Auch das Dentin ist in der Nähe der Pulpa weicher als das übrige Dentin.

Daß aber die große Härte bei Alveolarpyorrhoe zum mindesten zu einem raschen Verlauf derselben beitragen kann, leuchtet einem dann ein, wenn man die Ursachen der Paradentose in einer falschen Belastung sieht. Diese aber wiederum ist durch die bei der großen Härte des Schmelzes beeinträchtigten Einschleifmöglichkeit des Gebisses bedingt. Nach Benjamino de Vecchis nimmt mit zunehmendem Alter der Kalkgehalt des Schmelzes zu, der Magnesiumgehalt dagegen ab.

Die Forscher, die für den Schmelz einen Stoffwechsel ansehen, sehen darin eine Bestätigung ihrer Ansicht. Die Kalksalze gelangen auf dem Wege über die Dentinkanälchen in den Schmelz.

Die Gegner der Vitalistischen Auffassung behaupten, die Nachhärtung des Zahnschmelzes geschehe durch Diffusion von Kalksalzen aus dem Speichel und deren Anlagerung im Schmelzgewebe. Es wäre lediglich ein Niederschlag in den Gewebslücken und die Möglichkeit einer genügenden Bindung an die Schmelzsubstanz dürfte kaum bestehen.

Nach Pickerill ist die Cuticula eine semipermeable Membran. „Im Speichel ist neben Kalziumphosphat, Muzin und Albumin vorhanden. Nun wird das Kalziumphosphat bei Gegenwart von Kohlensäure im Speichel in Lösung gehalten, und diese sucht früher oder später zu entweichen. Bei frühzeitigem Entweichen werden die Phosphate gefällt und können daher die Membran nicht durchdringen; bei nicht zu frühem Entweichen dringen die Phosphate in gelöstem Zustande durch, aber früher oder später muß die Kohlensäure abgegeben werden und die Phosphate werden gefällt. Wenn nun, wie es wahrscheinlich geschieht, Spuren des „Schmelzlösemittels" in den äußeren Schichten des Schmelz zurückbleiben, muß dies in Form von Albumin, etwa Lymphe mit Kohlensäure sein; allein letztere geht bald verloren, so daß die Flüssigkeit bloß aus Lymphe besteht. Die Phosphate werden demnach in einem eiweißhaltigen Medium gefällt werden und Kalkoglobulin, das durch seine besondere Unzerstörbarkeit bekannt ist, gebildet. Der Grad in dem dies erfolgt, hängt natürlich von der Beschaffenheit des Speichels ab."

Nach Radosewic ist der Kalkniederschlag im Schmelz durch die Atmung bedingt. „Nachdem wir es im Munde mit veränderlichem Dampfdruck beim Ein- und Ausatmen haben, ändert sich auch hierbei die Konzentration des Speichels. Semipermeabilität der Krone und verschiedene Speichelkonzentration während des Atmens haben also ein rhythmisches Atmen des Zahnes zur Folge."

Der Schmelz ist nach Walkhoff ein vollkommen lebloser, in seinem Bildungszustand verharrender Körperteil. Zur Frage, ob die organische Substanz als fehlerhaft anzusehen ist oder ob sie von Natur aus mit Recht vorhanden ist, schreibt er: „Wer nur einige Dutzend von Zahnschliffen an der Schmelz-Dentingrenze durchmustert, wird beobachten, daß das unmittelbar den dicken abgeschnittenen Dentinkanälchen anschließende Schmelzgewebe alle Zeichen mangelhafter Verkalkung, und zwar bis zum höchsten Alter zeigen kann".

Wie steht es aber mit den Interglobularräumen im Dentin, das zweifelsohne einen Stoffwechsel besitzt? Müßte alles das, was Walkhoff als mangelhaft verkalkt bezeichnet, beim Vorhandensein eines Schmelzstoffwechsels, im Alter verkalken, so wäre die Natur gegen sich selbst gerichtet. Es wäre dann um die Bahnen, auf denen dieser Stoffwechsel stattfinden sollte, schlecht bestellt.

Aus der jedem Praktiker bekannten Tatsache, daß leicht zu bohrender Schmelz äußerst kariesanfällig ist, harter Schmelz dagegen resistenter gegen Karies ist, versuchte man Zusammenhänge zwischen

physiologischen und pathologischen Vorgängen im Organismus und häufigem und weniger häufigem Auftreten von Karies zu finden, die ihrerseits wieder auf Stoffwechselvorgänge im Schmelz deuten könnten.

Wie in diesem Zusammenhang schon angedeutet, ist der Schmelz eines älteren Individuums härter als der Jugendlicher. Erfahrungsgemäß, wie auch aus Statistiken, wissen wir, daß in der Jugend die große Zeit der Karies ist, wogegen Erwachsene ein gegen Karies resistenteres Gebiß haben. Getrübt wird dieses Ergebnis nur durch die bei Älteren stattfindende Zahnfleisch-Atrophie und der damit einsetzenden Zementkaries. Uns interessiert hier aber nur der Schmelz. Der Unterschied ist aber dann so deutlich, daß man nicht mehr sagen kann: „Die Zähne, die nicht schon in den ersten Jahren nach dem Durchbruch der Karies anheim fielen, sind eben besser und als eine Auslese zu betrachten".

Daß die Karies häufiger beim weiblichen Geschlecht auftritt als bem männlichen, schreibt man dem Einfluß der Menstruation und Schwangerschaft zu. Eine Funktionsstörung von Drüsen mit innerer Sekretion (um die es sich bei Menstruationsstörungen und Gravidität handeln soll) soll nach Fleischmann Zustände hervorrufen, die eine erhöhte Disposition zur Karies bewirken, die in einer Veränderung des Kalkgehaltes zu suchen sei.

Epithelkörperchen und Ovarien regulieren den Kalkstoffwechsel. Bei Mädchen mit viel Karies fand man in der Nahrung keinen Kalksalzmangel, dagegen litten diese Patientinnen an langanhaltenden Menstruationen. Die größte Kariesdisposition soll sich bei Frau mit dreiwöchentlicher Menstruation finden.

Bei Gravidität finden wir eine Gingivitis und Lockerwerden der Zähne, sowie eine rasch fortschreitende Karies. Am verderblichsten sind die überstürzenden Schwangerschaften, die ja so häufig vorkommen. Plaß und Borgert fanden bei Untersuchungen des Kalkgehaltes im Blute folgende Werte: Nichtschwangere Frauen 9,7 mg%. Schwangerschaft 1. bis 8. Wochen 9,9 mg%. 17. bis 20. Woche 9,1 mg%. 36. bis 40. Woche 8,8 mg%. Zur Zeit der Geburt 8,9 mg%; über 21 Tage nach der Geburt 9,6 mg%. Diese Ergebnisse wurden von Luis Alberto Pastor bestätigt. Dagegen will Kehrer nachgewiesen haben, daß das Blut schwangerer Frauen erheblich mehr mit Kalk angereichert ist als das Blut nichtschwangerer Frauen. Das Blut soll jedoch nicht Reservoir, sondern nur Durchgangsstation für den Kalk sein. Terrier analysierte Zähne von graviden und nicht graviden Frauen und will eine auffallende Verminderung der Mineralstoffe bei ersteren gefunden haben. Dem Gehalt von 1,37% bis 1,57% steht ein Gehalt von 0,58% gegenüber. Den Grund dafür sieht er aber in der saueren Beschaffenheit des Speichels während der Schwangerschaft, zu der die Hyperemesis gravidarum nicht unwesentlich beiträgt. Indes gibt Freund mit voller Bestimmtheit auf Grund eigener Beobachtungen

an, daß diese Behauptung völlig haltlos sei. Der Speichel von Schwangeren und Wöchnerinnen reagiere alkalisch, gleichviel ob er in normaler oder gesteigerter Menge produziert wird.

Zur Klärung der Frage, ob bei einem gesteigerten Bedarf an Kalksalzen der mütterliche Organismus diese auch aus dem Zahnschmelz beziehen könne, führt Houpert seine Beobachtungen bei Osteomalazie ins Feld. Trotzdem in einem Fall jahrelange hochgradige Osteomalazie bestand, und an sämtlichen Knochen Deformationen aufgetreten waren, waren alle Zähne von durchaus natürlicher Härte. Dagegen erklärt Amoedo es für zweifellos, daß bei Osteomalazie die Zähne ebenso ergriffen werden können wie das Knochensystem.

Diejenigen Autoren, die eine Kalkabgabe für möglich halten, haben nun versucht, den Kalkbedarf der Schwangeren und Wöchnerinnen durch innerliche und parenterale Gaben von Kalkpräparaten zu kompensieren: Misch verwandte Kalzan, Deniger Fluorkalzium. In neuester Zeit hat Vonhaus Versuche mit einem Präparat „Vaduril" angestellt. Sie wollen mit diesen Präparaten erreicht haben, daß die Zähne der Mütter dann weniger stark leiden als es sonst der Fall ist und die Zähne des Kindes dann ebenfalls kräftiger ausgebildet sind. Vonhaus will sogar beobachtet haben, daß nach Gaben von „Vaduril" eine Schmelzkaries zum Stehen kann. Doch soll nicht verschwiegen werden, daß von anderer Seit keine Erfolge gesehen wurden. So hat Walkhoff, der ja den Schmelz nach der Zurückbildung der Ameloblasten für unbeeinflußbar hält, nach Gaben von Erdsalzen an Schwangere keine größere Kariesresistenz an deren Gebiß feststellen können. Ferner möchte ich betonen, daß ein Erfolg bzw. Mißerfolg sich nicht so ohne weiteres feststellen läßt. Man weiß doch nie, ob ein Zahn, der nach Einnahme der obgenannten Präparate von der Karies verschont blieb, nicht auch ohne diese verschont geblieben wäre. Die Karies ist eben ein chemisch-parasitärer Prozeß. Genau so wenig wie wir die Stärke der Säuren und Bakterien kennen, kennen wir auch die Resistenz, die jeder einzelne Zahn diesen gegenüber besitzt.

Bei der Schwangerschaft sind die Ursachen der Karies, wie sie auch außerhalb derselben zu finden sind, in verstärktem Maße vorhanden. Infolge des allgemeinen Übelbefindens und der bei Schwangerschaft häufig auftretenden Gingivitis gravidarum wird die Mundpflege oft vernachlässigt und die Bakterien können sich an ihren Brutstätten ungestört ihrem Vernichtungswerk hingeben. Aus demselben Grund wird ordentliches Kauen, das wesentlich für die Selbstreinigung des Gebisses ist, vermieden. Dieses wiederm trägt auch zum Erbrechen bei. Die Zähne sind dann mit einer Masse von stark mit Salzsäure gesättigten Speiseteilchen überzogen.

Ob die Bakterien in dem Speichel Schwangerer besonders gut gedeihen können, wäre noch zu untersuchen. Ähnliche Verhältnisse können auch bei starken Menstruationen angenommen werden.

Indianer und Eskimos mit tadellosem Gebiß bekommen im Zirkus meist eine ausgedehnte Karies, während ihre Brüder und Schwestern in der Heimat niemals Zahnschmerzen kennen lernen. Die Ursache dürfte weniger in einem Kalksalzmangel, als vielmehr in der durch die weichen, breiigen Speisen bedingten geringen Kautätigkeit und der damit wegfallenden Selbstreinigung zu suchen sein. Ähnlich verhält es sich mit den anscheinend besseren Gebißverhältnisse bei der Landbevölkerung. Dazu schreibt Stefan: „Die industriereichen flachen Gebiete Böhmens, deren Bewohner sich besonders von Kartoffelspeisen ernähren, haben die gleiche Kariesfrequenz wie die Wiener Stadtbevölkerung. Dagegen ist in weiten Mährens und Galiziens das Brot (dessen Mehl aber nicht aus Dampfmühlen stimmt) die Hauptnahrung. Von dort eingewanderte Männer haben oft kein Füllungen oder auf die Frage, wann sie zum ersten Male Zahnschmerzen bekamen, heißt es: „Beim Militär". Auch hier scheint die Stadt mit ihrer Änderung der Kost nicht ohne Einfluß gewesen zu sein. Bei den in Wien geboreren Kndern aller Einwanderer ist von den guten Zähnen der Eltern nur da etwas zu bemerken, wo die Zahnpflege eine sorgfältige ist. Es kommt darauf an, wie die Kohlehydrate zugeführt werden. Ob die Zähne arbeiten und sich dabei selbst reinigen können, oder ob die Nahrungen in weicher, klebriger und schmieriger Form dargeboten werden."

Leider fand ich keine Arbeit von berufener Seite, die sich mit der Kariesfrequenz wie auch mit dem Kalkgehalt des Schmelzes bei schon länger wurzelbehandelten Zähnen befaßte. Allgemein bekannt ist, daß der Schmelz pulpentoter Zähne spröder und brüchiger ist. Es wurde daher als Ursache angenommen, daß nach Aufhören des Säftestromes von den Odontoblasten auf dem Wege durch die Dentinkanälchen zur organischen Substanz des Schmelzes diese schrumpfe und sich mumifiziere. Das organische Gerüst würde dadurch den innigen Zusammenhang mit dem anorganischen Teil des Schmelzes verlieren. Türkheim sieht jedoch die Ursache für die Brüchigkeit in dem Schrumpfen des Dentinkernes. Dem kann ich nicht beistimmen, da im Schmelz pulpentoter Zähne öfter Sprünge zu sehen sind als bei lebenden Zähnen. Ganz gleichgültig, ob es sich hier um echte Sprünge oder um Lamellen handelt, in denen jetzt leichter Sarbstoffe eindringen können. Wenn nur der Dentinkern schrumpft, so müßten sich im mikroskopischen Bild Sprünge, die parallel zur Schmelzdentingrenze verlaufen, nachweisen lassen; oder die Srpünge und Lamellen an der Schmelzoberfläche müßten zwangsläufig schmäler werden.

Nassau will zwischen voll vitalen und toten Zähnen keinen Unterschied in der Kariesanfälligkeit gefunden haben. Er kommt zu folgendem Schluß: „1. Volle Vitalität, d. h. ausreichende Versorgung mit allen wichtigen Zirkulationsstoffen, daher normale Oxydation sowie Kariesresistenz. 2. Zirkulation, daher auch Stoffwechsel erhalten, je-

doch gestörte Oxydasenwirkung: Bedingung zur Milchsäuregärung gegeben, Kariesdisposition. 3. Durch Absterben der Pulpa ist der Stoffwechsel im Kronenteil erloschen, daher keine Gärung und Kariesresistenz". Dem muß ich entgegenhalten, daß die Vitalität des Zahnes mit der Zeit abnimmt. Dann müßten gerade die Zähne Jugendlicher am resistentesten gegen Karies sein. Es ist auch nicht möglich, anzunehmen, daß jeder kariöse Zahn, auch wenn seine Pulpa durch den kariösen Prozeß noch nicht geschädigt ist, an Stoffwechselstörungen leidet. Sollt aber die größere organische Menge jugendlicher Zähne für die Kariesdisposition Jugendlicher verantwortlich gemacht werden, so fällt die Theorie Nassaus, selbst wenn sie richtig ist, gar nicht ins Gewicht.

Vielfach konnte ich die Bezeichnung „Kariesimmunität" lesen. Dazu möchte ich bemerken, daß man von einer Kariesimmunität erst sprechen dürfte, wenn eindeutig erwiesen ist, daß zwischen Pulpa und Schmelz Stoffwechselbeziehungen stattfinden. Aber auch damit ist noch nicht gesagt, daß dann der Körper Immunistoffe gegen die an der Karies beteiligten Bakterien bilden kann. Es gibt auch keine Immunität gegen Staphylokokken und Streptokokken. Wir wissen auch, daß Leute, welche in der Jugend viel Karies hatten, auch später, wenn die Karies durch konservierende Maßnahmen bekämpft wurde, so daß die Zähne weder extrahiert noch überkront werden mußten, noch recht viel mit dem Zahnarzt zu tun haben.

Am Ende dieser Besprechungen möchte ich noch die pathologischen Verfärbungen des Schmelzes erwähnen, die intra vitam vorkommen. Meistens sind es nur Auflagerungen von Pilzen oder Nahrungsbestandteilen. Sehr bekannt ist der dunkelbraune Raucherbelag. Gelegentlich dringen Farbteilchen in Sprünge oder Lamellen ein und heben diese deutlich hervor oder bei ganz großen Sprüngen kann sogar eine Verfärbung des Dentins beobachtet werden, die ihrerseits wieder durch den transparenten Schmelz hindurchschimmert. Dann ist bei Ikterus und Schwangerschaft häufig eine Veränderung der Zahnfarbe beobachtet worden, die nach Ablauf derselben wieder verschwindet. Es konnte aber auch hier nicht eindeutig nachgewiesen werden, ob es sich um eine Verfärbung des Schmelzes handelt, sondern es macht den Eindruck, als ob das verfärbte Dentin durch den Schmelz hindurchschimmere. Ebenso soll es bei den von Natur aus gelben oder blauen Zähnen sein. Doch glaube ich, daß der Schmelz der gelben Zähne besser verkalkt ist, da die gelben Zähne auch kariesresistenter sind.

Fassen wir zusammen, so gelangen wir aus den Vergleichen und Betrachtungen der zahlreichen Untersuchungen zu folgendem Ergebnis:

Die organische Substanz des Schmelzes ist regelmäßig und auch bei ganz gesunden Zähnen vorhanden. Farbstoffe können von der Schmelzoberfläche wie auch vom Dentin aus in den Schmelz gelangen. Es

gibt Verbindungen zwischen der organischen Substanz des Schmelzes und des Dentins. Als solche sind die kolbenförmigen Fortsätze der Tomeschen Fasern der Odontoblasten und die Schmelzlamellen anzusehen. Vital einverleibte Farbstoffe gelangen auf dem Wege Pulpa, Dentinkanälchen schneller in den Schmelz als bei den Zähnen in vitro. Ob der Schmelz vital einverleibte Substanzen auch wieder abbauen kann, kann man bei einer Wiederholung des Versuches von Urbantschitsch mit Ferrum saccharatum für den Tierzahn feststellen. Gleichzeitig kann man einige Zähne dieser Versuchstiere überkronen oder wurzelbehandeln oder beides, um andere Wege des Stoffwechseltransportes, als den über die Odontoblasten, auszuschließen. Damit kann auch die Frage, ob die Kalksalze, die die größere Härte des alten Zahnschmelzes bewirken, vom Dentin oder von der Schmelzoberfläche aus eindringen oder ob beides möglich ist, entschieden werden.

Wenn es gelänge, von einem älteren Individuum zwei gleiche Zähne vom selben Kiefer zu bekommen, von denen der eine schon in der Jugend wurzelbehandelt wurde, der andere jedoch seine Pulpa erhalten hat, so würde auch eine Untersuchung dieser Zähne für die Beurteilung der aufgeworfenen Frage wertvoll sein.

Die Schwangerschaftskaries spricht weder für noch gegen einen Stoffwechsel im Schmelz. Doch könnte auch hier die einwandfreie Feststellung einer Verminderung des Kalkgehaltes des Schmelzes durch die Schwangerschaft bei einem lebenden überkronten Zahn auf Stoffwechselvorgänge im Schmelz deuten. Es wird aber kaum möglich sein, das Material zu einem derartigen Versuch zu bekommen. Leichter auszuführen, aber leider auch weniger deutlich wäre die Feststellung, ob bei Schwangeren und jungen Müttern die wurzelbehandelten oder die lebenden Zähne kariesanfälliger sind. Es kommen aber nur Zähne mit Approximalkavitäten und guten zentralen Füllungen in Frage. Zur Auswertung der Untersuchung ist ein Vergleich der Kariesanfälligkeit wurzelbehandelter Zähne bei Männern Bedingung.

Die Frage der vorliegenden Arbeit war, eine zusammenhängende Übersicht über die Frage der Vitalität des Schmelzes zu geben und Wege zu zeigen, die die Klärung dieser Frage ermöglichen. Diese Wege zu beschreiten, würde eine oder sogar mehrere umfangreiche Arbeiten bedeuten, die sich nach den obigen Ausführungen nicht nur auf klinische, sondern auch auf histologische und chemisch quantitative Untersuchungen erstrecken. Schwierigkeiten ergeben sich, da in Deutschand Tierversuche auf das Notwendigste beschränkt werden müssen und soweit Tierversuche nicht möglich sind, ist man auf ein Patientenmaterial angewiesen, das schwer zu beschaffen ist.

Literatur.

1. Adloff, P.: Walkhoffs Kariestheorie und die Umformung der menschlichen Kiefer und Zähne seit der Diluvialzeit. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde. 1914.
2. Adrion: Experimentelle Untersuchungen über Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. Deutsche Monatsschrift für Zahnh. 1921.
3. Akamatsu: Vorkommen von Fett im Schmelz des Zahnes. Zeitschrift für Stomatologie. 1929.
4. Andresen Viggo: Über Mineralisation und Remineralisation des Zahnschmelzes Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde. 1921.
5. Applebaum, E.: Durcrh Amalgam gefärbte Lymphkanäle im Dentin und Schmelz. The Journal of Dental Research. Vol. IX, Nr. 4, 1929.
6. Badrutt, Paul: La question du calcium. Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde XXXVII. 1927.
7. Bauchwitz, Dr. Max: Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. Zahnärztliche Rundschau 1920. H. 41.
8. Bauchwitz und Heimann: Weitere Untersuchungen über das Durchlässigkeitsvermögen der harten Zahnsubstanzen. Zahnärztliche Rundschau 1926.
9. Blotevogel, W.: Der vitale Farbstofftransport während der Zahnbildung. Vierteljahresschrift für Zahnheilkunde 1924.
10. Bödecker, F.: Discussion concerning the anorganic content in dental enamel. The Dental Cosmos LXIX. Nr. 2.
11. Caush, Douglas, E.: Concerning human enamel: The Dental Record XLVII.
12. Dierks, Dr. Karl: Experimentelle Beiträge zur sogenannten Vitalität des Schmelzes. Über die Färbbarkeit des Tierzahnschmelzes. Zahnärztliche Rundschau 1928.
13. Faber, Fritz: Schmelzsprünge. Ergebnisse der gesamten Zahnh. 1923.
    — Zur Frage nach dem Leben des menschlichen Zahnschmelzes. Zeitschrift für Stomatologie 1924.
    — Die Frage der Vitalität des menschlichen Zahnschmelzes im Lichte der neueren Forschung. Zeitschrift für Stomatologie 1929.
14. Fish, E. W.: The Lymph supply of the dentine and enamel. The Dental Surg XXIV. Nr. 1159, S. 48, 1927.
15. Friedeberg: Schmelzuntersuchungen mit weißem und ultraviolettem Licht. Zahnärztliche Rundschau 1921.
16. Grüner, Franz: Die Beziehungen der Menstruation, der Schwangersrchaft, der Geburt, des Wochenbetts und des Klimakteriums zur Erkrankung der Zähne. Leipzig 1915. Verlag Georg Thieme.
17. Hopewell Smith, Arthur: Concerning human enamel: facts, explanations and applications. The Dental Cosmos LXIX.
18. Imbert, A.: Lemail human est el vivant ou mort? La Semaine Dentaire VIII. 1926.
19. Kantorowicz: Lehrbuch der Zahnheilkunde.
20. Kranz, P. P.: Zur Säuretheorie des Kalkabbaues. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1914.
    — Über Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. Zu dem Aufsatz von Dr. Max Bauchwitz. Zahnärztliche Rundschau 1921.
    — Zur Frage der Bedeutung der H-Ionen-Konzentration sowie des Ammoniakgehaltes im Speichel. Zeitschrift für Stomatologie 1922.

21. Meyer, Prof. Dr. W.: Lehrbuch der normalen Histologie und Entwicklungsgeschichte der Zähne des Menschen.
22. Misch, J.: Lehrbuch der Grenzgebiete der Medizin und Zahnheilkunde. II. Band. Leipzig 1923.
23. Morgenstern-Pekert: Untersuchungen über die anatomischen Grundlagen für die Stoffwechsel- und Sensibilitätsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilk. 1909.
24. Mummery, H.: The translucent zones in enamel. The British Dental Journal XLVII. Nr. 9.
25. Münch, Prof. Dr.: Über den Nachweis von Nervenfasern im Dentin des Menschen. Deutsche zahnärztliche Wochenschrift. J. 38. 1935.
26. Nassau, Martin: Über den Stoffwechsel des gesunden und erkrankten Zahnorgans. Zeitschrift für Stomatologie 1931.
27. Orban, B.: Entwicklungsgeschichte und Histogenese. Stoffwechsel im Schmelz.
— Schmelz und Zahnoberhäutchen. Schmelzlamellen und Büschel. Zeitschrift für Stomatologie 1926.
— Schmelzlamellen und Schmelzbüschel. Erwiderung gegen Prof. W. Meyer Breslau. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde. XLV.
28. Pastor, Luis Alberto: Contribution al estudio de la caries dental de las embarazadas. Revista Odontologie VII (1927).
29. Proell und Diener: Neuere Untersuchungen über die Zahnhartsubstanzen. Deutsche zahnärztliche Wochenschrift. J. 38, 1935, Nr. 50.
30. Radosevic: Das Grundprinzip des Stoffwechsels im Zahne. Misch IV.
31. Retterer, Ed.: De l'corce des dent simples. La Semaine Dentaire IX.
32. Smerker, E.: Über Fortsetzung von Zahnbeinkanälchen in den Schmelz menschlicher Zähne. Vierteljahresschrift für Zahnh. 1922.
— Über Injektion des Schmelzes durch die Zahnbeinkanälchen. Zeitschrift für Stomatologie 1926.
33. Stefan: Karies und Ernährung: Deutsche zahnärztliche Wochenschrift. J. 38, Nr. 25.
34. Türkheim, H.: Die Ernährung und die physikalische Chemie des Schmelzes. Vierteljahresschrift für Zahnheilkunde 1922.
— Über die Bedeutung der Schmelzfärbung. Zeitschrift für Stomatologie 1922.
— „Über Injektion des Schmelzes durch die Zahnbeinkanälchen." Erwiderung gegen Smerker. Zeitschrift für Stomatologie 1926.
35. Urbantschitsch: Ursachen und Bahnen der endogenen Zahnverfärbung. Zeitschrift für Stomatologie 1926 und 1927.
36. Vecchis, Beniamino de: La permeabilita dello smalto. La Stomatologia XXV. Nr. 2, S. 73 (1927).
37. Walkhoff: Lehrbucuh der Zahnheilkunde.
— Die Erdsalze in ihrer Bedeutung für die Zahnkaries. Berlin 1913.
— Adloffs Theorie der Schmelzernährung und der stammesgeschichtlichen Umformung der Kiefer und Zähne beim Menschen. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 1914.
— Das vermeintliche Leben im Zahnschmelz (gegen Faber). Zeitschrift für Stomatologie 1925.
38. Wild, W.: Beitrag zum Kariesproblem. Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde XXXVII. 1927.

Lebenslauf.

Ich bin am 25. März 1913 in München als Sohn des Eisenbahnassessors Paul Hafen und seiner Ehefrau Helene, geb. Baumgart, geboren. Nachdem ich neun Jahre das Bundesgymnasium in Salzburg besucht hatte, erhielt ich am 9. Juli 1932 das Zeugnis der Reife. Dann studierte ich an der Universität München Zahnheilkunde. Im Frühjahr 1934 bestand ich die zahnärztliche Vorprüfung und im Frühjahr 1936 das zahnärztliche Staatsexamen. Am 15. Juni 1936 begann ich meine praktische Tätigkeit. Zunächst war ich vier und einen halben Monat in der konservierenden Abteilung des zahnärztlichen Institutes. Seit 1. November 1936 bin ich in der Privatpraxis der Privatdozentin Dr. med. et Dr. med. dent. Maria Kösters tätig.